

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-292540

(43)Date of publication of application : 11.11.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

G02B 6/12

(21)Application number : 08-105871

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 25.04.1996

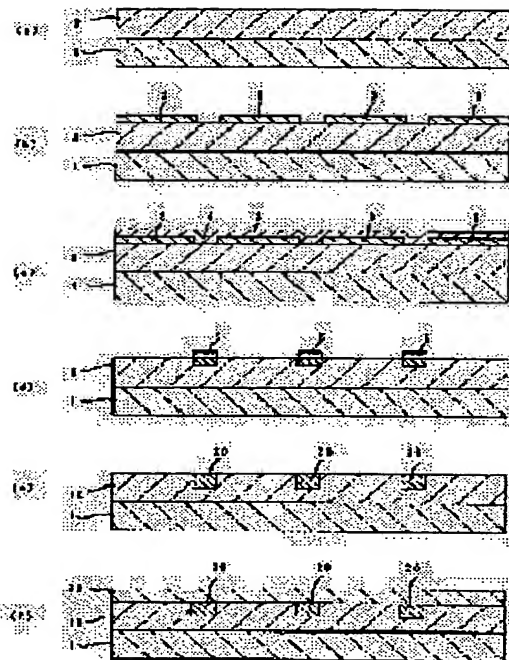
(72)Inventor : NAGATA SEIICHI  
DOMOTO CHIAKI  
NISHIMURA KOTA  
IWAMEJI KAZUAKI

## (54) PRODUCTION OF OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To form a lower clad layer and a core layer with a simple process, a relatively low oxidation temp. and a treatment in a short time and to simplify a forming process for an upper clad layer by oxidizing a porous silicon layer to form a silicon oxide layer in which an impurity containing layer part shows high refractive index.

**SOLUTION:** A method for manufacturing an optical waveguide device has a process for forming the porous silicon layer 2 on one main surface of a crystalline silicon substrate 1, a process for partly forming the impurity containing layer on the porous silicon layer 2 and a process for oxidizing the porous silicon layer 2 to form the silicon oxide layer 10 where the impurity containing layer 4 part shows high refractive index. In the case of partly forming the impurity containing layer 4 on the porous silicon layer 2, after a barrier layer 3 stuck to the impurity containing layer is partly formed on the porous silicon layer 2, the impurity containing layer 4 is formed on the porous silicon layer 2 and then the barrier layer 3 stuck to the impurity containing layer 4 is removed or after the impurity containing layer 4 is formed on the porous silicon layer 2, the impurity containing layer 4 is selectively removed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3245347

[Date of registration]

26.10.2001

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

9/12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-292540

(43) 公開日 平成9年 (1997) 11月11日

(51) Int. Cl. <sup>8</sup>

G 0 2 B 6/13  
6/12

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/12

技術表示箇所

M  
N

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-105871

(22) 出願日 平成8年 (1996) 4月25日

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地の22

(72) 発明者 永田 清一

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 堂本 千秋

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 西村 剛太

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

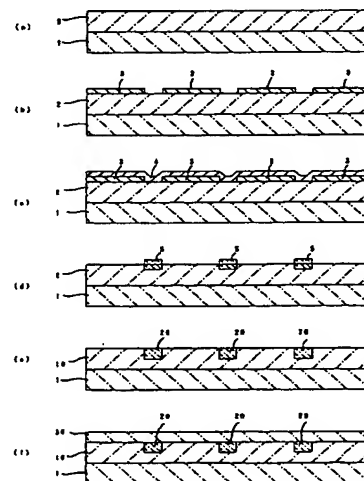
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 製造工程や構造が煩雑で、装置としての再現性が悪く、さらに装置が高価になるという問題があった。

【解決手段】 結晶性シリコン基板の一主面上に多孔質シリコン層を形成する工程、この多孔質シリコン層上に不純物含有層を部分的に形成する工程、この多孔質シリコン層を酸化して不純物含有層部分が高屈折率を呈するような酸化シリコン層を形成する工程を有する。また、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を部分的に形成するにあたっては、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層の付着障壁層を部分的に形成した後に、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を形成して前記不純物含有層の付着障壁層を除去したり、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を形成した後に、この不純物含有層を選択的に除去することにより形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 結晶性シリコン基板の一主面上に多孔質シリコン層を形成する工程、この多孔質シリコン層上に不純物含有層を部分的に形成する工程、この多孔質シリコン層を酸化して前記不純物含有層部分が高屈折率を呈するような酸化シリコン層を形成する工程を有することを特徴とする光導波路装置の製造方法。

【請求項2】 前記多孔質シリコン層上に不純物含有層の付着障壁層を部分的に形成した後に、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を形成して前記不純物含有層の付着障壁層を除去することにより、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を部分的に形成することを特徴とする請求項1に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項3】 前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を形成した後に、この不純物含有層を選択的に除去することにより、前記多孔質シリコン層上に前記不純物含有層を部分的に形成することを特徴とする請求項1に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項4】 前記多孔質シリコン層を酸化して前記不純物含有層部分が高屈折率を呈するような酸化シリコン層を形成した後に、この酸化シリコン層上に第二の酸化シリコン層を形成することを特徴とする請求項1乃至請求項3に記載の光導波路装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光導波路装置の製造方法に関し、更に詳しくは屈折率の異なるガラス質材料を用いた平面型光導波路装置の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】 高度情報通信社会のマルチメディア時代を迎えて光情報通信機器の需要は益々増加している。従って、光情報通信機器の根幹要素である光導波路の経済的且つ安価な製造方法が求められている。

【0003】 以下、従来の光導波路装置の製造方法を説明する。各種光導波路のうち最も薄い膜厚で構成されるシングルモードの光を伝送する平面型光導波路は、基板上に厚さ20 $\mu$ m程度下部クラッド層を形成し、この下部クラッド層の表面部に厚さと幅が10 $\mu$ m程度のコア層を形成し、この下部クラッド層とコア層上に厚さが20 $\mu$ m程度上部クラッド層を形成して構成される。このような条件は、相対的に屈折率の小さい上下クラッド層によってコア層を伝わる光が効率よくコア層内に閉じ込めるようにするための物理的要請と、コア層と上下クラッド層との間の屈折率の相違から定められる。このコア層と上下クラッド層全体の膜厚を合わせると数十 $\mu$ m程度になり、謂ゆる半導体集積回路技術の概念からすると極めて「厚い」膜で構成されることになる。

【0004】 しかるに、現状の光導波路の「厚膜」製造技術の多くは、謂ゆる半導体集積回路製造技術に基づい

た方法を用いて製造されている。即ち、コア層や上下クラッド層などは、スパッタリング法や化学的気相堆積(CVD)法等で形成される。これらの方法は成膜速度が遅く製造に長時間を要するため製造コストが高くなり、製造コストの低減が課題となる。

【0005】 これを改善した厚い膜の高速堆積技術として、火炎堆積法が提案されている。この火炎堆積法は酸水素炎の還元雰囲気の下でシラン( $\text{SiH}_4$ )等の金属水素化合物から酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )の粉末を基板上に堆積するものである。ところが、この火炎堆積法は粉末堆積であるが故に特殊なノウハウが必要で、製造が困難であること、また粉末を緻密化するために1200~1300℃の高温熱処理を必要とするという問題があった。酸化シリコン粉末の緻密化に高温を要することは、コア層の屈折率を大きくするために高濃度にドーピングしても光伝送の損失が相対的に小さいという長所をもつが、一方で蒸気圧が高い酸化ゲルマニウム( $\text{GeO}_2$ )のような材料を高濃度にドーピングすることを難しくしている。また、基板上に堆積した酸化シリコン粉末を高温で軟化して緻密化することは、その高温状態で堆積膜に流動性を与えて緻密化することであり、高温状態では基板と堆積膜間の歪を開放し得るが、基板温度を常温まで下げると、基板と堆積膜との熱膨張係数の相違によって大きな内部ストレスを内包することになる。この内部ストレスによって基板が大きく湾曲し、大規模・大面積の光集積回路を形成する上での障害となっている。即ち、光集積回路を形成するチップは通常数mm×数十mmの大型であり、この大型チップを安価に大量に生産するには大型シリコン基板を用いねば有利となるが、上記のような内部ストレスによる基板曲がりのために大型基板の使用が困難になる。特に、光回路で要求される酸化シリコンの膜厚は上記のように数十 $\mu$ mに達することから、酸化シリコン膜を形成する工程の温度と常温との温度差に基づく膨張係数差は基板のソリに大きく影響する。

【0006】 更に、厚さ10 $\mu$ m程度のコア層をエッチングしてリッジ型コア部を形成するためにも、数 $\mu$ m程度の「厚い」エッチングマスク層を必要とすること、そのマスク層自体のパターニングにも多数の製造工程と時間を必要とするという問題がある。上述のような特殊なノウハウと高温処理は製品の安価な供給にとって難しい障害となっている。

【0007】 このような問題を回避するために、例えばW0 91/10931号(PCT/GB91/00044)公報では、シリコン基板を弗酸(HF)溶液中で陽極化成して多孔質シリコンを作成し、この多孔質シリコンを窒化または酸窒化して光導波路を形成することが提案されている。すなわち、まずシリコン基板上に線状のドーピング領域を形成し、次いでドーピング領域を多孔質シリコン化するために陽極化成を行い、次いで前記多孔質シリコン領域を窒化又は酸窒化し、次いでシリコン基板全面に不純物をドーピング

し、次いで前工程でドーピングした領域を多孔質化するために2回目の陽極化成を行い、次いで前工程で作成された多孔質層を酸化し、最後に緻密化のため1150℃、10分間の熱処理を行なうものである。ところが、この方法では2度のドーピングと陽極化成と酸化工程などがあり、複雑で長い製造工程が必要であるという問題があった。

【0008】また、V. P. Bondarenko等は Tech. Phys. Lett. 19(1993)468. および Microelectronic Engineering 28(1995)447. において、多孔質シリコンを酸化して光導波路を形成する方法を開示している。この方法は、高濃度にボロン(B)をドーピングした単結晶シリコン基板上に窒化シリコン膜(SiN<sub>x</sub>)を形成してこの窒化シリコン膜を部分的に除去し、この部分的に除去した窒化シリコン膜をマスクとして単結晶シリコンを直接陽極化成により多孔質シリコン化し、その後この多孔質シリコンを酸化し、更に酸化温度より高温の1150℃で25分間、緻密化処理を行うものである。この方法は簡単ではあるが、光伝搬の更なる低損失化という点において、次の2点の課題を残している。第1はコア部とクラッド部それぞれの酸化膜の光学的性質と膜厚を自由に選べないこと。第2はシリコン基板と光導波路部のコア領域との間に介在すべきクラッド層の光学的特性と膜厚を任意に選択できないことである。このクラッド層の実効膜厚を十分に厚くできない場合、コア部を伝搬する光エネルギーはシリコン基板に漏れだし、伝搬損失を低減できないという問題を誘発する。

【0009】さらに、米国特許第4,927,781号公報および同第5,057,022号公報には、多孔質シリコン層を酸化した膜をクラッド層に用いるとともに、結晶質シリコン自体をコアに用いる光導波路の製造法が開示されている。すなわち、シリコン基板上に、高濃度ドーピング層をエピタキシャル成長させるとともに、この高濃度ドーピング層上に低濃度ドーピング層をさらにエピタキシャル成長させ、この低濃度ドーピング層のコアとなる部分のみを残して他の低濃度ドーピング層部分を選択除去した後に、高濃度ドーピング層を多孔質化し、この多孔質化した部分を緻密化することによって、酸化シリコンを下部クラッド層にすると共に低濃度ドーピング層の残存部分をコアとするものである。この方法は2度のエピタキシャル成長、コアとなる「厚い」半導体層の選択エッチング等工程が複雑である。またコアである結晶シリコンは波長1.3μmの光に対する屈折率が3.5と非常に高いため、この導波路から外部のファイバー等に光を取り出す際の導波路とファイバー間の光結合損失が大きくなり、結合損失の減少が課題である。

【0010】本発明はこのような従来技術に鑑みて発明されたものであり、製造工程や構造が複雑化することを解消するとともに、装置としての再現性が悪いことを解消し、さらに装置が高価になることを解消した光導波路

装置の製造方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る光導波路装置の製造方法では、結晶性シリコン基板の一主面上に多孔質シリコン層を形成する工程、この多孔質シリコン層上に不純物含有層を部分的に形成する工程、この多孔質シリコン層を酸化して前記不純物含有層部分が高屈折率を呈するような酸化シリコン層を形成する工程を有する。

10 【0012】また、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を部分的に形成するにあたっては、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層の付着障壁層を部分的に形成した後に、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を形成して前記不純物含有層の付着障壁層を除去したり、前記多孔質シリコン層上に不純物含有層を形成した後に、この不純物含有層を選択的に除去することにより形成される。

【0013】

20 【発明の実施の形態】以下、添付図面に基づき本発明の実施形態を説明する。

【0014】—実施形態1—

図1に本発明の典型的実施形態の工程図を示す。まず、結晶性シリコン基板1の一方の主面上に多孔質シリコン層2を形成する(図1(a))。この多孔質シリコン層2の厚さは下部クラッド層とコア層の厚さの和程度に調整する。この多孔質シリコン層2は、文字通り「多孔質」であり、ナノメータ規模のサイズを有するシリコンの高密度細線とこの高密度細線間の空隙部とから構成される。この多孔質シリコン層2は、例えば弗酸系の溶液中で陽極化成することにより形成され、短時間で百μm程度の厚さの多孔質シリコン層2に形成できる。更に、多孔質シリコン層2の厚さの均一性は、化成条件に注意すれば百μmの厚さに対し、1μm程度以下のバラツキに制御できる。即ち、極めて厚い膜を簡単に短時間で極めて均一性良く形成できる。また、その多孔度(多孔質の全体積中で占める空隙の体積率)は、溶液の組成と陽極化成の電流密度で制御できる。

30 【0015】次に、多孔質シリコン層2上に不純物含有層の付着障壁層3を形成し、その一部を通常のフォトリソグラフィ等の手段を用いて除去する(図1(b))。この不純物含有層の付着障壁層3は、例えばポリイソブレンやキノンジアジドとノボラック樹脂などから成るフォトレジストや窒化シリコンの薄層などで構成される。

40 【0016】次に、多孔質シリコン層2上に、所望の不純物元素を含有する不純物含有層4を形成する(図1(c))。不純物含有層4自体は、金属等の単体元素物質、金属酸化物、金属のその他の元素との化合物などで構成される。不純物元素には、ゲルマニウム、燐、ボロン、チタン等がある。この不純物含有層4を形成するに  
50 は、不純物元素を含むガラス質物質を有機質物質に溶解

して塗布するスピノングラス(Spin on Glass) 法、CVD法、蒸着法、スパッタリング法、所望の金属イオンを含有する電解液中への浸漬法、所望のイオンを含有する電解液中での陰極メッキ法等の手段が有効である。なお、不純物含有層4の形成方法に応じて必要であれば、この不純物含有層4をベーキングなどして固定させる。

【0017】次に、不純物含有層4の付着障壁層3を除去する。この操作により、不純物含有層4が所望の領域に残された部分5が形成される(図1(d))。

【0018】次に、多孔質シリコン層2及び不純物含有層4が残された部分5の酸化処理を行う(図1(e))。本工程により、多孔質シリコン層2は酸化シリコン層10に変換され、不純物含有層5の近傍には当該不純物元素の酸化物を高濃度に含む酸化シリコン層の領域20が形成される。領域20の深さ方向に拡大する量は酸化処理の手段により変化するが、酸化後の領域20の厚さがコア層として必要な厚さを確保できるように酸化条件を設計すれば良い。通常の結晶シリコン(Si)を酸化して二酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )とすると体積は約1.88倍に増加する。多孔質シリコン層2の多孔度を55%程度に制御し、これを酸化すれば酸化による増量で多孔質シリコン層2の空隙はほぼ完全に充填した「厚い」酸化シリコン層10が得られると共に、結晶性シリコン基板1と酸化シリコン層10との間の内部ストレスをほぼゼロとする事ができる。つまり、多孔質シリコン層2の酸化は、その厚さによらず比較的低温且つ短時間で終了する。例えば100 $\mu\text{m}$ 程度の厚みを有する多孔質シリコン層2であれば、水蒸気を含む850 $^{\circ}\text{C}$ の酸素雰囲気中で1時間程度で完了する。このように多孔質シリコン層2上に選択的に不純物含有層4が残された部分5を形成した後に、この多孔質シリコン層2を酸化すれば、この酸化されたシリコン層10内に不純物を高濃度に含有した部分20を所望の位置に所望の厚さで形成できる。この屈折率の増加した部分20がコア部となり、不純物がドーパされない部分は下部クラッド層10となる。

【0019】最後に、上部クラッド層30を所望の厚さに形成して完了する(図1(f))。なお、この上部クラッド層30は屈折率がコア層20よりも小さいものであればよく、材料、製法は問わない。また、使用状況に応じては省略することも可能な層である。

【0020】以上により酸化シリコンを主成分とする第1の屈折率を有する下部クラッド層10、第2の屈折率を有する上部クラッド層30により囲まれた第3の屈折率を有するコア層の領域20が形成される。コア層20の屈折率を下部クラッド層10および上部クラッド層30の屈折率より大きくすれば、簡単な工程で光導波路装置が製作される。

#### －実施形態2－

図2に本発明の第2の実施形態の工程図を示す。先ず、結晶性シリコン基板1の一方の主面上に多孔質シリコン

層2を図1の実施形態と同様に形成する(図2(a))。

【0021】続いて、多孔質シリコン層2の全面もしくはほぼ全面に不純物含有層6を形成する(図2(b))。この不純物含有層6は、図1の実施形態と同様にスピノングラス(Spin on Glass) 法、CVD法、蒸着法、スパッタリング法など、多孔質シリコン層2の一主面上に所望の不純物元素を固着できる方法であればいずれでもよい。また、不純物含有層6自体は金属等の単体元素物質、金属酸化物、金属のその他の元素との化合物であってもよい。

【0022】その後、フォトリソグラフィーの手段によりエッチングレジスト7を形成(図2(c))し、不純物含有層6の不要部分を選択的に除去し、コア層を形成すべき部分にのみ膜6'を残存させる(図2(d))。

【0023】続いて、多孔質シリコン層2及び不純物含有層6'の酸化処理を行う。本工程により、多孔質シリコン層2は酸化シリコン層10に変換される。また同時に不純物含有層6'の一部は多孔質シリコン中に拡散されるとともに、当該不純物元素の酸化物を高濃度に含む酸化シリコン層の領域20が形成され(図2(e))、最後に、上部クラッド層30を所望の厚さに形成して完了する(図2(f))。領域20の深さ方向の拡大する量は酸化処理の手段により変化するが、酸化後の領域20の厚さがコア層として必要な厚さを確保できるように酸化条件を設計すればよい。その後、上部クラッド層30を所望の厚さ形成する。以上により図1と同様に極めて簡単な工程により光導波路装置が形成される。また、図1に示す実施形態と同様に、上部クラッド層30は使用状況に応じては省略することができる。

#### 【0024】

##### 【実施例】

##### －実施例1－

高濃度にボロン(B)がドーパされた比抵抗0.01 $\Omega\text{cm}$ のP<sup>+</sup>シリコン(100)基板1の一主面を、35%弗酸を含有するとともにエタノールを添加した電解液の暗中で20mA/ $\text{cm}^2$ の電流密度で陽極化成し、多孔質シリコン層2を30 $\mu\text{m}$ の厚みに形成した。

【0025】続いて、フォトリソグラフィーにより不純物含有層の付着障壁層3を形成した(図1(b))。その後、リン元素を含有するスピノングラス質材料を塗布し、135 $^{\circ}\text{C}$ でバークした。こうして不純物含有層4を形成した(図1(c))。

【0026】その後、フォトリソグラフィーをリフトオフし固着した不純物含有層5を形成した(図1(d))。更に、500 $^{\circ}\text{C}$ での中間熱処理後、継続して水蒸気を含む酸素気流中950 $^{\circ}\text{C}$ の熱処理を行い多孔質シリコン層2を酸化した。以上により、不純物の付着していない領域は酸化シリコン層10となり、不純物が付着していた領域5では、不純物元素を高濃度に含むガラス質を多量に含有する領域20が同時に形成された(図1(e))。酸化シ

リコン層10と屈折率の異なる領域20の深さは約13  $\mu\text{m}$ であった。つぎに、テトラエトキシシランを用いて500℃で第二の酸化シリコン層30を20  $\mu\text{m}$ の厚みに形成した(図1(f))。

【0027】以上の工程により、下部クラッド層10、上部クラッド層30に囲まれたコア領域20を有する光導波路の基本構造を形成できた。

【0028】上記基板1上の光導波路長が20mmとなるように基板1を切断した後、端面を研磨した。端面の一端からGaAs固体レーザー光を照射し、他端よりコア層にそって光が伝搬されたことを確認できた。

【0029】更に、上記酸化工程(図1(e))の後、基板1のソリを測定した。有意なソリは観察されず基板1はほぼ平坦か酸化シリコン層10面が僅かに凸であり、内部歪が極めて小さいことを示していた。

#### 【0030】—実施例2—

実施例1と同様に多孔質シリコン層2を形成した(図2(a))。続いて、プラズマCVD法によりシラン( $\text{SiH}_4$ )、ゲルマン( $\text{GeH}_4$ )、笑気ガス( $\text{N}_2\text{O}$ )を主原料として、酸化ゲルマニウムと酸化シリコンの混合層6を1  $\mu\text{m}$ 形成した(図2(b))。更にその上に酸化シリコン層(図示せず)を0.1  $\mu\text{m}$ 積層した。その後、フォトリソパターン7を形成(図2(c))し、弗酸溶液により上記酸化膜の不要部を除去した(図2(d))。その後の処理は実施例1と同様に行った(図2(e)~(f))。

【0031】さらに実施例1と同様にGaAsレーザー光により光導波路特性を検証した。レーザー光はコア部に沿い伝搬していることが確認できた。

#### 【0032】

【発明の効果】以上のような本発明に係る光導波路装置は次のような効果を有する。第1に「厚い」多孔質シリコンを短時間で且つ均一性良く製作できる。第2に所望の不純物を高濃度で所望の領域に所望の厚さまで選択導入できる。第3に「厚い」多孔質シリコン層と不純物導入層を同時に比較的低温且つ短時間で酸化できる。第4に多孔質シリコン層の多孔度を制御することにより、酸化シリコン層と基板との間の内部応力を実質上ゼロに近い状態に設定することができる。また、従来の多孔質シリコンを出発材料とした光導波路の形成法に比べ格段に短縮された工程で所望の光導波路を作成できる。以上により、下部クラッド層とコア層を簡単な工程、相対的に低い酸化温度と短時間の処理で形成できる。その後の上部クラッド層の形成工程も極めて簡単である。上記したように、本発明のよれば光伝送システムの根幹技術である光導波路を経済的且つ安価に再現性良く製造できる基礎能力を持つ。

#### 【図面の簡単な説明】

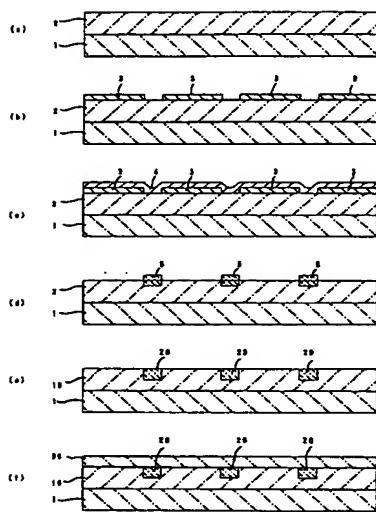
【図1】本発明の第1の実施形態、及び第1の実施例を示す図である。

【図2】本発明の第2の実施形態、及び第2の実施例を示す図である。

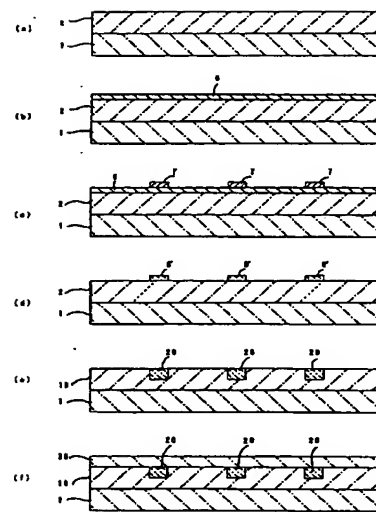
#### 【符号の説明】

1：結晶性シリコン基板、2：多孔質シリコン層、3：付着障壁層、4、6：不純物含有層、5、6'：不純物含有層の残存領域、10：酸化シリコン層(下部クラッド層)、20：不純物を多量に含有する領域(コア層)、30：上部クラッド層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 岩目地 和明  
京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京  
セラ株式会社中央研究所内